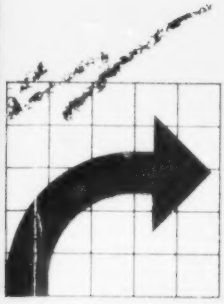
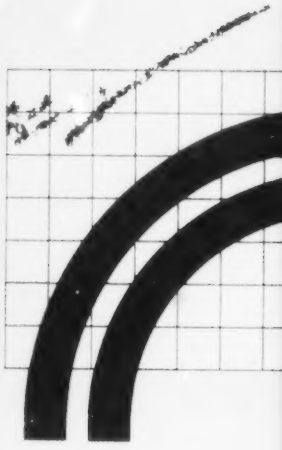
ÉTUDES ET
RECHERCHES
EN TRANSPORTS



LE TRANSPORT ROUTIER DES MARCHANDISES ET L'IMPORTANCE DE LA RÉGLEMENTATION DES CHARGES

JEAN COUTURE
CLAUDE MORIN
GUY VAILLANCOURT



SYSTÈMES
DE TRANSPORT

Québec

90-01786/

LE TRANSPORT ROUTIER DES MARCHANDISES

ET

L'IMPORTANCE DE LA RÉGLEMENTATION DES CHARGES

Dépôt légal: 2e trimestre 1988
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN 2-550-18882-9

Gouvernement du Québec
Ministère des Transports

FICHE ANALYTIQUE DE RAPPORT

Titre et sous-titre du rapport
LE TRANSPORT ROUTIER DES MARCHANDISES ET L'IMPORTANCE DE LA REGLEMENTATION DES CHARGES

N° du rapport Transports Québec
RTQ-88-22

Rapport d'étape ☐ Rapport final ☒

N° du contrat

Auteur(s) du rapport
CLAUDE MORIN - GUY VAILLANCOURT - JEAN COUTURE

Date du début d'étude | Date de fin d'étude | Coût de l'étude

Étude ou recherche réalisée par (nom et adresse de l'organisme)
Direction du transport routier des marchandises
700, boul. St-Cyrille Est (22è)
Québec (Québec) G1R 5H1

Étude ou recherche financée par (nom et adresse de l'organisme)
Ministère des Transports du Québec
700, boul. St-Cyrille Est
Québec (Québec)
G1R 5H1

But de l'étude, recherche et renseignements supplémentaires
L'étude, menée conjointement par le Service de la réglementation et le Service des sols et chaussées, a pour but de montrer l'impact des véhicules lourds sur les chaussées, d'énoncer les grands traits de la réglementation des charges, de décrire les mesures de contrôle routier, et de présenter le logiciel de répartition des charges comme un moyen d'assistance aux transporteurs.

Resume du rapport
Le trafic lourd est un des principaux facteurs de dégradation des routes. A l'aide du concept d'équivalence de passage, on peut arriver à mesurer l'agressivité relative des différentes charges et configurations d'essieux. Par conséquent, il est possible d'évaluer la réduction de vie de la chaussée et l'estimation des coûts supplémentaires d'entretien que peuvent engendrer des changements éventuels de l'utilisation du réseau routier. Vu la nécessité de conserver la patrimoine routier, le ministère des Transports du Québec soumet les transporteurs à une réglementation des charges et dimensions. Divers critères déterminent les charges axiales et les masses totales en charge autorisées. Le contrôle routier permet d'assurer le respect de la réglementation et d'entrevoir les problèmes à corriger. Puisque la majorité des infractions enregistrées est due à une mauvaise répartition des charges, la Direction du transport routier des marchandises a élaboré et diffuse actuellement un logiciel permettant aux transporteurs de s'ajuster à la réglementation.

Nbre de pages	Nbre de photos	Nbre de figures	Nbre de tableaux	Nbre de références bibliographiques	Langue du document	Autre (spécifier)
50	0	14	8	16	☒ Français ☐ Anglais	

Mots-clés
Dommage, FEP, Réduction de vie de la route, coût d'exploitation, réglementation, contrôle, répartition des charges, logiciel

Autorisation de diffusion
☒ Diffusion autorisée ☐ Diffusion interdite

Signature du directeur général

Date 88 06 22

V-1773 (85-05)

TABLE DES MATIERES

PAGE

1. Introduction..... 1

2. Impact des véhicules lourds sur la chaussée..... 3

2.1. Notions générales de dommage des chaussées..... 3

2.1.1. Effet du trafic..... 3

2.1.2. Mesure de l'agressivité des véhicules lourds (Equivalence de passage)..... 4

2.1.2.1. AASHO..... 5
2.1.2.2. ARTC..... 5
2.1.2.3. MTQ..... 6
2.1.2.4. Discussion..... 7

2.2. Réduction de vie de la route..... 8

2.2.1. Conceptualisation de l'influence du nombre d'équivalents de passage..... 8

2.2.2. Estimation concrète du pourcentage de réduction de vie..... 9

2.2.3. Evaluation du coût d'exploitation..... 14

2.3.1. Principes de base..... 14

TABLE DES MATIERES (suite)

PAGE

2.3.2. Méthode concrète d'évaluation des coûts supplémentaires..... 16

3. La réglementation et le contrôle routier..... 17

3.1. La réglementation des charges..... 17

3.1.1. Les charges axiales..... 17

3.1.2. Les masses totales en charge 21

3.2. Le contrôle routier..... 21

4. Assistance aux transporteurs routiers 25

4.1. Mandat..... 25

4.2. Le logiciel d'analyse de répartition des charges..... 26

5. Conclusion..... 31

6. Références..... 33

Tableaux 37

Figures 41

1. INTRODUCTION

Le parc camion connaît une évolution remarquable depuis les 10 dernières années. Tandis que le parc véhicule de promenade se transforme rapidement en laissant place aux véhicules plus légers et plus petits, les poids lourds évoluent à contre-courant par une mise en circulation d'agencement de véhicules de plus grandes dimensions, et par conséquent, pouvant transporter plus de charges. En même temps, le transport routier des marchandises gagne beaucoup de popularité en comparaison des autres modes de transport. Le nombre de kilomètres parcourus par les camions sur les routes du Québec s'accroît constamment. Conséquemment, les routes sont grandement sollicitées par l'achalandage accentué des poids lourds et il devient primordial de s'assurer du respect de la réglementation par des mécanismes de suivi et de contrôle routier efficaces.

Dans les pages qui suivent nous traiterons de l'effet des charges axiales sur la chaussée, de l'importance du contrôle routier face à la réglementation des charges, et des moyens utilisés à la Direction du transport routier des marchandises du MTQ pour aider les transporteurs à faire une meilleure utilisation de leur équipement.

2. IMPACT DES VEHICULES LOURDS SUR LA CHAUSSEE

Dans un contexte de recherche du rendement optimal du réseau routier québécois, il est impératif de connaître les paramètres qui conditionnent les coûts d'exploitation.

2.1. NOTIONS GENERALES DE DOMMAGE DES CHAUSSEES

Les deux facteurs externes influençant la dégradation des routes sont le trafic lourd, pour une grande proportion du dommage, et les conditions climatiques pour une causalité moindre (figure 1). Il va sans dire que nous n'avons pas de moyen de contrôle sur les phénomènes climatiques. Toutefois, une bonne connaissance des processus de dégradation reliés au trafic lourd peut nous permettre de mieux gérer le réseau routier.

2.1.1. EFFET DU TRAFIC

Le dimensionnement des routes est fonction du trafic prévu sur celles-ci [1]. Il importe ici de mentionner que le dommage causé à la chaussée par le trafic lourd est démesurément plus important que celui imputable aux automobiles. On estime généralement que le passage d'un véhicule lourd provoque une dégradation approximativement 10^4 fois plus grande qu'un passage d'automobile (figure 2).

De plus, il est internationalement admis [2] que le poids total en charge des véhicules lourds n'est pas en soi le paramètre déterminant de la dégradation des chaussées. Les paramètres majeurs du dommage structurel sont plutôt les charges sur les essieux et la configuration de ces derniers [2]. La pression et la surface de contact des pneus de même que le système de suspension sont d'autres facteurs qui peuvent, dans certains cas, augmenter l'agressivité des camions [2] [3] [4].

2.1.2. MESURE DE L'AGRESSIVITE DES VEHICULES LOURDS (EQUIVALENCE DE PASSAGE)

Depuis quelques années, divers organismes s'efforcent de déterminer les dommages attribuables aux charges axiales des véhicules lourds. Pour y arriver, ils appliquent le concept d'équivalence de passage. Le principe consiste à comparer l'agressivité de différentes charges et configurations d'essieux en les convertissant en un nombre d'équivalents de passage d'un essieu de charge et de géométrie standard (1).

(1) L'indice de l'agressivité relative des véhicules lourds a diverses dénominations : Le FEP (facteur d'équivalence de passage) [3] [4] au Québec; l'ECAS (équivalent de la charge axiale simple) [5], l'ESAL (equivalent single axle load) et le LEF (load équivalency factor) [6] au Canada et aux Etats-Unis; le "Y" (facteur d'agressivité) [7] en France.

2.1.2.1. L'organisme précurseur dans ce domaine fut l'AASHO (2) [8] qui, à la fin des années 50, a conduit un essai démontrant que l'agressivité d'un essieu spécifique comparée à l'agressivité d'un essieu de référence (ESAL) équivaut à la puissance quatrième du rapport de leur poids. Par exemple, un essieu de 12 000 kg comparé à l'essieu standard de 8 165 kg produit 4,7 fois plus de dommage que ce dernier, ou, en d'autres termes, le passage d'un essieu de 12 000 kg équivaut à 4,7 passages de l'essieu de référence.

$$ESAL = \left[\frac{\text{Poids de l'essieu spécifique}}{\text{Poids de l'essieu de référence}}\right]^4 = \left[\frac{12\ 000\ kg}{8\ 165\ kg}\right]^4 = 4,7$$

2.1.2.2. En 1987, l'ARTC soumettait les résultats de ses recherches visant à déterminer des coefficients d'équivalence de charge (LEF) adaptés aux routes canadiennes [6]. Le graphique de la figure 3 illustre les principales conclusions de cette étude. A l'instar des conclusions de l'AASHO, ce graphique montre que les dommages causés aux chaussées augmentent exponentiellement lorsque l'on augmente les charges aux essieux de façon linéaire. De plus, il ressort qu'à charge égale et nombre d'essieux égal il est préférable que les essieux soient regroupés. Ainsi, un essieu en tridem pourra transporter une plus grande charge qu'un essieu en tandem plus un essieu simple, et un essieu en tandem

pourra transporter une charge plus grande que deux essieux simples, pour un dommage équivalent. A titre d'exemple, pour un même dommage correspondant à un LEF de 6, un essieu en tridem transporterait 37 000 kg tandis qu'un agencement essieu en tandem et essieu simple ne transporterait que 20 000 kg plus 10 000 kg soit 32 000 kg. Dans le même ordre d'idées, la figure 4 montre un exemple d'application de ces résultats. On y voit que pour un dommage similaire de 5,90 LEF, le camion A (essieux simple-tandem-tandem) transporte 40 500 kg et le camion B (essieux simple-tandem-tridem) 47 760. Si le camion C, de même configuration que le camion A, transportait la même charge que le camion B, il causerait 54 % plus de dommage que ce dernier.

Il appert donc qu'avec un choix approprié de configurations d'essieux, un véhicule lourd peut transporter, pour un dommage équivalent, plus de charge qu'un autre.

2.1.2.3. En 1985, le Service des sols et chaussées du MTQ [3] a instauré une méthode d'évaluation du facteur d'équivalence de passage (FEP). D'abord basée sur des données dérivées des essais de l'AASHO, cette méthode a ultérieurement (1987) [4] été révisée et adaptée aux résultats de l'ARTC. La figure 3 indique la correspondance (rapport 2:1) entre le LEF de l'ARTC et le FEP du MTQ. Sommairement, la principale différence réside dans le

(2) American Association of State Highway Official

choix de la charge de l'essieu de référence, qui est de 10 000 kg pour l'essieu de référence du FEP et de 8 165 kg pour le LEF. La charge de 10 000 kg, en plus d'être la charge légale au Québec, facilite le calcul et la compréhension dans le système métrique. Divers facteurs de correction du FEP ont par surcroît été introduits pour tenir compte de la largeur des pneus (figure 5), de la distance entre les essieux (figure 6), de la catégorie de routes et de la période de dégel.

2.1.2.4. L'utilisation du facteur d'équivalence de passage (FEP) et du coefficient d'équivalence de charge (LEF) s'avère fort utile pour saisir l'effet des charges et configurations d'essieux sur les chaussées. Il ne faut toutefois pas oublier que les relations tirées des résultats de l'ARTC sont très générales. Elles sont déduites de moyennes de valeurs enregistrées sur des routes ayant des propriétés de support généralement fortes. Il faut les utiliser en étant conscient de leurs limitations. A titre d'exemple, le degré de dommage causé à des routes faibles, comme on en retrouve dans les régions périphériques aux grands axes routiers, sera supérieur à celui que l'on observerait sur l'autoroute 20.

De même, il ne faut pas oublier de prendre en considération les facteurs de correction du FEP reliés au transport en période de dégel, à l'écartement des essieux et aux types de pneus.

2.2. REDUCTION DE VIE DE LA ROUTE

Une saine gestion du réseau routier doit tenir compte de l'impact de l'agressivité des véhicules lourds sur la réduction de vie de la route puisque la fréquence des interventions et les coûts inhérents pour garder le réseau en état en dépendent.

2.2.1. CONCEPTUALISATION DE L'INFLUENCE DU NOMBRE D'EQUIVALENTS DE PASSAGE

Dans la perspective de permettre au lecteur de conceptualiser facilement l'influence du nombre de LEF sur le pourcentage de réduction de vie d'une route, nous avons indiqué à la figure 7 (2e colonne) les résultats de calculs effectués à partir des relations et suppositions suivantes :

$$R = \text{fonction de } \frac{1}{(K)NLEF}$$

où R = % de réduction de vie

NLEF = nombre de coefficients d'équivalence de charge

K = facteur d'augmentation du NLEF

Si l'on suppose que tous les essieux (simple, tandem, tridem) sont en proportion égale et que leur LEF est identique, et si l'on prend comme hypothèse que tous les passages se font avec la charge axiale permise, on peut formuler l'équation comme suit :

$$R = \left[1 - \frac{1}{\text{LEF moyen}} \right] X\ 100$$

où LEF moy (=K) = coefficients d'équivalence de charge, en l'occurrence le même pour chaque type d'essieu.

Ainsi, le fait de passer d'une situation, où le LEF de chaque type d'essieu est égal à 1, à des situations où les LEF seraient de 2, 3,4 ou 5 aurait pour effet d'augmenter le nombre total de LEF dans les mêmes proportions, de sorte que la vie de la route serait respectivement réduite de 50 %, 67 %, 75 % et 80 %.

2 2.2. ESTIMATION CONCRETE DU POURCENTAGE DE REDUCTION DE VIE

Basée sur le principe évoqué à la section précédente, une formule d'évaluation de la réduction prévue de vie de la chaussée en fonction d'un accroissement donné des charges permises a été mise de l'avant par le Département des transports de l'Alaska [9]. Cette équation est la suivante :

$$R = \left[1 - \frac{Nf}{\sum_{i=1}^{j} NiLEFi} \right] X\ 100$$

où R = pourcentage de réduction de vie de la route

Nf = nbre de passages de l'essieu de référence jusqu'à rupture de la route

Ni = nbre de passages d'un essieu spécifique

LEF = coefficient d'équivalence de charge de ce même essieu

j = nbre total de charges

Par ailleurs, puisque nous sommes généralement intéressés à connaître la réduction de vie par rapport à des conditions existantes, il peut être utile de modifier l'équation sous la forme suivante :

$$R = \left[1 - \frac{\Sigma NiLEFi\ (\text{conditions existantes})}{\Sigma NiLEFi\ (\text{conditions éventuelles})} \right] X\ 100$$

Même si, a priori, la formulation de ces équations semble simple, leur utilisation peut s'avérer complexe de sorte que l'on peut comprendre les réticences de certains organismes à élaborer de telles relations. En fait, l'utilisation

rationnelle de ces formules exige de recueillir une somme importante de données sur les modalités de transport au travers du réseau à étudier. Parmi celles-ci, mentionnons la proportion de chaque type d'essieu et la proportion des passages en charge maximale légale, en surcharge, à vide, etc. De plus, il y a lieu de tenter de discerner les tendances futures des expéditeurs quant à la répartition du choix des moyens de transport, notamment le transport routier, ferroviaire, maritime, etc, face à d'éventuels changements de politique. Concernant ce dernier point, il est permis de supposer que le fait d'augmenter les charges permises entraîne des bénéfices supérieurs pour les transporteurs routiers; ces derniers peuvent alors offrir des réductions de coût aux expéditeurs qui, par le fait même, expédient davantage par ce mode de transport, de telle sorte que le nombre total de passages ne varie pas.

Les exemples qui suivent, basés sur des scénarios fictifs, nous montrent la procédure à suivre pour évaluer le plus réalistement possible la réduction de vie d'une route.

EXEMPLE 1

On songe à autoriser une augmentation de 10 % des charges axiales pour les véhicules lourds circulant sur l'autoroute 20. Le flot de circulation est de 2 500 camions par jour (approximativement 7 225 passages d'essieux ou groupement

d'essieux). Deux scénarios, dans lesquels on fait varier les proportions des types d'essieux et le pourcentage de camions transportant la charge maximale permise, seront analysés. Dans le scénario 1, les conditions actuelles sont telles qu'illustrées au tableau 1, et celles qui prévaudraient si la nouvelle réglementation entrait en vigueur sont décrites au tableau 2. Dans le scénario 2, les conditions actuelles et éventuelles sont décrites aux tableaux 3 et 4.

A l'aide de la sommation du nombre de LEF retrouvée au bas de chaque tableau, on peut calculer que pour une augmentation de 10 % des charges permises la réduction de vie de la route aurait respectivement été de :

Scénario 1

$$R = \left[1 - \frac{2507{,}0 \text{ LEF}}{2800{,}9 \text{ LEF}}\right] \times 100 = 10{,}5\ \%$$

Scénario 2

$$R = \left[1 - \frac{3285{,}7 \text{ LEF}}{3876{,}7 \text{ LEF}}\right] \times 100 = 15{,}3\ \%$$

EXEMPLE 2

On songe à autoriser une augmentation de 25 % des charges axiales pour les véhicules lourds circulant sur l'autoroute 20. Le flot de circulation est de 2 500 camions par jour (approximativement 7 225 passages d'essieux ou groupement d'essieux). A l'instar de l'exemple 1, deux scénarios dans lesquels on fait varier les proportions des types d'essieux et le pourcentage de camions transportant la charge maximale permise seront analysés. Dans le scénario 1, les conditions actuelles sont telles qu'illustrées au tableau 5, et celles qui prévaudraient si la nouvelle réglementation entrait en vigueur sont décrites au tableau 6. Dans le scénario 2, les conditions actuelles et éventuelles sont décrites aux tableaux 7 et 8.

Pour une augmentation de 25 % des charges permises, la réduction de vie de la route aurait respectivement été de :

Scénario 1

$$R = \left[1 - \frac{2507{,}0 \text{ LEF}}{3329{,}6 \text{ LEF}}\right] \times 100 = 24{,}7\ \%$$

Scénario 2

$$R = \left[1 - \frac{3285{,}7 \text{ LEF}}{4938{,}7 \text{ LEF}}\right] \times 100 = 33{,}5\ \%$$

2.3. EVALUATION DU COUT D'EXPLOITATION

2.3.1. PRINCIPES DE BASE

L'élaboration d'un mode d'évaluation des coûts supplémentaires que peuvent engendrer des changements dans la réglementation du transport routier des marchandises est nécessaire si l'on veut garantir l'efficience économique de nos décisions. Les équivalents de passage (LEF ou FEP) étant le reflet direct de l'agressivité des véhicules lourds sur la chaussée, il paraît raisonnable de fonder la méthode d'évaluation des coûts d'exploitation du réseau sur cette base. Cette assertion est soutenue par les pays membres de l'OCDE [2] qui ont décidé par un large concensus que :

> "La base d'affectation des dépenses marginalisables de construction et d'entretien structurel des chaussées devrait être le coefficient d'agressivité calculé pour chaque silhouette de véhicule."

La procédure généralement utilisée consiste à diviser les coûts unitaires des opérations d'entretien pendant la vie de la route par le nombre de LEF circulant sur la chaussée au cours de cette

période ($/km/LEF). Un survol de la littérature montre que les valeurs estimées varient grandement (0,007 à 0,50 $/mille/LEF) [10] [11] [12] [13] [14]. Parmi les facteurs qui causent cette variation, mentionnons le type de route (autoroute, route régionale, route locale, etc.), le milieu (urbain, rural), le climat, la façon de calculer les équivalents de passage, les types d'entretien et leurs coûts spécifiques.

L'exercice appliqué au cas particulier des autoroutes québécoises a démontré que ce coût est de 0,01 $/km/LEF (sujet à révision) pour notre réseau routier [15].

Nous avons illustré l'influence du nombre de LEF sur les coûts d'entretien à la figure 7 (1re colonne). Il faut comprendre que si tous les types d'essieux transportaient la charge maximale permise et causaient un dommage correspondant à un LEF de 1, le coût d'entretien par kilomètre par essieu (ou groupement d'essieux) serait de 0,01 $, tandis que si leur LEF passait à 2, 3, 4 ou 5, les coûts passeraient respectivement à 0,02, 0,03, 0,04 et 0,05 $ par kilomètre par essieu (ou groupement d'essieux).

2.3.2. METHODE CONCRETE D'EVALUATION DES COUTS SUPPLEMENTAIRES

En pratique, l'estimation de l'augmentation des frais d'entretien inhérente à une augmentation des charges permises est rendue complexe par l'évaluation du nombre de LEF supplémentaires qu'elle entraîne. Nous avons vu à la section 2.2.2. que pour évaluer ce nombre il faut connaître la proportion de chaque type d'essieu de même que la proportion des passages en charges maximales permises, en surcharges, à vide, etc. Si cette étape est franchie, le calcul est alors possible.

A titre de modèle reprenons les exemples de la section 2.2.2. On peut évaluer qu'une hausse de 10 % des charges permises entraînerait une augmentation de 849,6 LEF/jour (8094,8 LEF/jour - 7245,2 LEF/jour) dans le cas du scénario 1 et de 1707,5 LEF/jour dans le cas du scénario 2. Les coûts supplémentaires annuels pour les 1 500 km de l'autoroute 20 seraient de 3,8 millions de dollars (1500 km X 948,6 LEF/jour X 300 jours X 0,01 $/km/LEF) dans le cas du scénario 1 et de 7,7 millions de dollars dans le cas du scénario 2. Une hausse de 25 % des charges permises aurait entraîné des coûts supplémentaires de 3,7 et de 7,4 millions de dollars pour les scénarios 1 et 2 respectivement.

3. LA REGLEMENTATION ET LE CONTROLE ROUTIER

3.1. LA REGLEMENTATION DES CHARGES

En vertu de ce que nous avons vu dans les pages précédentes, on comprend l'importance d'une réglementation des charges. A titre de comparaison, la figure 8 montre les charges axiales et totales autorisées au Québec et dans 7 autres juridictions limitrophes. On y retrouve également les charges recommandées par l'ARTC.

3.1.1. LES CHARGES AXIALES

Dans le calcul des charges autorisées par essieu, il faut tenir compte de trois critères:

a) La capacité totale des pneus; elle est indiquée par le fabricant sur le flanc du pneu.

On y retrouve généralement deux valeurs:
"S", lorsque les pneus sont montés en simple;
"D", lorsque les pneus sont montés en double.

b) La capacité maximale de l'essieu (P.N.B.E.) dans le cas de l'essieu avant.

c) La charge légale autorisée par essieu selon chacune des catégories d'essieux. Elle tient compte de l'agressivité des charges sur les chaussées et les ponts.

Dans les lignes suivantes, nous examinerons les différentes catégories d'essieux et leurs limites axiales réglementaires. Pour des raisons pratiques, la dimension du pneu de référence, qui sert de base de calcul au règlement, est le 1000-20.

Essieu simple à pneus simples:

La limite axiale est de 8 500 kg
(7 500 kg en dégel)

Essieu simple à pneus jumelés:

La limite axiale est de 10 000 kg
(8 000 kg en dégel)

Essieu tandem à pneus jumelés:

Un ensemble de deux essieux reliés au véhicule par une suspension conçue pour égaliser à 1 000 kg près, en tout temps, la masse pouvant être mesurée sous les roues de chacun des essieux.

Les limites autorisées varient en fonction de l'écartement "d" entre les essieux.

Ecartement	Normale	Dégel
	kg	kg
1m < d < 1,5m	17 500	14 500
1,5m < d < 1,8m	18 000	15 000
1,8m < d < 2,4m	19 000	15 500
d > 2,4m	20 000	16 000

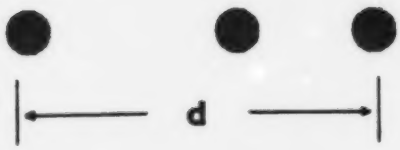
Essieu triple à pneus jumelés:

Un ensemble de trois essieux également espacés entre eux et reliés au véhicule par une suspension conçue pour égaliser à 1 000 kg près, en tout temps, la masse pouvant être mesurée sous les roues de chacun des essieux.

Ecartement	Normale	Dégel
	kg	kg
2,4m < d < 3m	20 000	20 000
3m < d < 3,6m	22 000	21 500
3,6m < d < 4,2m	25 000	22 500
4,2m < d < 4,8m	27 000	23 000
d > 4,8m	30 000	24 500

Essieu simple et un essieu tandem à pneus jumelés:

Ces essieux sont inégalement espacés entre eux.



Ecartement	Normale	Dégel
	kg	kg
3m < d < 3,6m	22 000	21 500
3,6m < d < 4,2m	25 000	22 500
4,2m < d < 4,8m	27 000	22 500
d > 4,8m	29 000	22 500

Essieu quadruple à pneus jumelés:

Ecartement	Normale	Dégel
	kg	kg
3,6m < d < 4,2m	26 000	24 000
4,2m < d < 4,8m	28 000	26 000
d > 4,8m	30 000	27 500

3.1.2. LES MASSES TOTALES EN CHARGE

La masse totale en charge limite que permet le règlement est de 57 500 kg. Cette masse est établie à partir de la somme des masses axiales admissibles. Lorsque les distances entre les groupes essieux (entraxes) n'atteignent pas un écartement minimum, il y a alors réduction de la masse totale en charge admissible.

Par exemple, la distance entre le centre de l'essieu arrière du tandem-tracteur et le centre de l'essieu relevable doit être de 3,3 mètres ou plus. Si tel n'est pas le cas, la masse autorisée est réduite du total obtenu en multipliant 900 kg par le nombre de tranches complètes de 300 mm en deçà de la distance de 3,3 mètres.

3.2. LE CONTROLE ROUTIER

Le contrôle routier est essentiel pour assurer le respect de la réglementation. Lorsque les charges axiales excèdent les masses autorisées, le dommage à la chaussée augmente très rapidement en fonction de la surcharge. C'est pourquoi le réseau actuel des postes de contrôle du ministère des Transports du Québec est doté de balances qui pèsent axialement les différentes catégories d'essieux.

Le réseau se compose de 43 postes de contrôle (28 postes permanents et 15 aires de pesée). Outre la pesée, différentes fonctions s'intègrent dans le programme de contrôle des postes en région. La figure 9 résume les principales activités de contrôle.

Le ministère des Transports du Québec fournit les services de 100 peseurs travaillant en région. Ceux-ci assurent l'opération sur une base de 24 heures par jour et de 7 jours par semaine de la majorité des postes situés sur les autoroutes et les routes à grand débit de circulation.

Les postes de contrôle sis à St-Romuald et à St-Joseph-de-Soulanges sont équipés de balances de pré-sélection dynamiques qui fournissent au Ministère des données statistiques très intéressantes sur la circulation des poids lourds. De plus, ces balances permettent d'indiquer aux camionneurs s'ils doivent ou non s'arrêter pour la pesée.

Le Ministère compare les statistiques recueillies par les pesées dynamiques et les statistiques opérationnelles des postes pour identifier les principaux problèmes de charges axiales et totales rencontrées par les transporteurs. Cela est essentiel pour assurer la mise en place des correctifs appropriés.

A titre d'exemple, à partir des statistiques de circulation des poids lourds recueillies en 1987 à la balance dynamique de St-Joseph-de-Soulanges, il est intéressant de procéder à l'examen des données suivantes:

1. Nature, nombre et % des camions pesés en fonction du total des camions passés (figure 10).

Camions d'une seule unité:	4 473
% de véhicules potentiellement en surcharge:	4,90 %
Camions de deux unités:	19 528
% de véhicules potentiellement en surcharge:	21,4 %
Camions de trois unités et +:	1 674
% de véhicules potentiellement en surcharge:	1,83 %

2. Nature, nombre et % des essieux potentiellement en surcharge (figure 11).

Catégorie	Nombre	%
Avant	7	0,03 %
Simple	2 002	11,00 %
Tandem	7 172	18,75 %
Tridem	135	34,62 %

3. Nature, nombre et % des essieux assurément en surcharge (figure 12).

Catégorie	Nombre	%
Avant	7	0,03 %
Simple	2 002	11,00 %
Tandem	2 904	7,59 %
Tridem	7	1,79 %

4. Flux de circulation des camions par plage horaire:

La figure 13 indique dans ce cas une augmentation de la circulation entre 6 et 7 heures et entre 10 et 11 heures.

L'ensemble des statistiques dynamiques et opérationnelles nous permet donc de tirer des renseignements essentiels pour assurer une saine gestion du dossier. Mentionnons:

. Mesurer l'efficacité des postes de contrôle;

. Vérifier s'il y a des variations dans le flot de circulation entre les périodes où les postes sont ouverts et fermés;

. Agir au niveau des moyens incitatifs et répressifs;

. Identifier les problèmes de charges des transporteurs;

. Apprécier le degré d'observance de la réglementation;

. Connaître les agencements de véhicules le plus souvent en surcharge;

. Ajuster les normes de charges.

4. ASSISTANCE AUX TRANSPORTEURS ROUTIERS

4.1. MANDAT

Les nombreux contrôles routiers effectués à partir des postes de pesée du ministère des Transports ont mis en évidence des problèmes de répartition axiale des charges. Malgré le fait que la masse totale soit respectée, de fortes surcharges axiales (jusqu'à 4 000 kilogrammes) sont observées lorsque les variables de transfert de charges sont mal utilisées. Les variables de charges les plus importantes sont l'ajustement de la sellette d'attelage, la pression au sol des essieux relevables et la position du centre de gravité de la charge payante.

L'an dernier, les statistiques relevées à partir des balances dynamiques du Ministère installées à St-Romuald et St-Joseph-de-Soulanges nous ont révélé des surcharges axiales au tandem des tracteurs dans des proportions de 15 à 20 %. En réaction au resserrement du contrôle routier, l'industrie du camionnage a demandé que des spécialistes du Ministère les assistent pour corriger les difficultés de répartition des charges.

4.2. LE LOGICIEL D'ANALYSE DE REPARTITION DES CHARGES

Un des moyens retenus par le Ministère a été l'élaboration d'un logiciel de répartition de charges. Cet outil sert à informer rapidement les transporteurs des limites de chargement auxquelles ils sont autorisés lorsqu'ils jumellent un tracteur et une semi-remorque quelconques. Il renseigne aussi l'utilisateur des ajustements d'équipements qu'il peut effectuer afin de maximiser sa charge payante, et ceci de façon à respecter la réglementation.

Le logiciel opère en tenant compte de la période de l'année (normale ou de dégel). Il peut faire l'évaluation de véhicules articulés dont les semi-remorques sont équipées soit d'un tandem, d'un tridem, ou d'un tandem avec un essieu relevable. Avec ce logiciel, seuls les tracteurs traditionnels de trois essieux peuvent être analysés pour l'instant.

Le logiciel permet d'analyser uniquement les ensembles tracteurs/semi-remorques dont la charge est uniformément répartie sur tout l'espace de chargement, c'est-à-dire lorsque le centre de gravité du chargement se situe au centre géométrique de la longueur de la semi-remorque.

L'équipement d'informatique requis pour utiliser le logiciel consiste en :

1 micro-ordinateur IBM ou compatible

1 carte graphique EGA ou compatible

1 écran

1 imprimante

Les options d'analyses sont :

1- L'enregistrement des caractéristiques d'une semi-remorque;

2- L'enregistrement des caractéristiques d'un tracteur;

3- L'analyse de répartition pour duo (tracteur et semi-remorque) sur fichier;

4- L'analyse de répartition pour duo (tracteur et semi-remorque) non enregistré;

5- Traitement de l'information contenue dans les fichiers.

L'exemple qui suit illustre le mode d'analyse pour une semi-remorque avec essieu relevable, en période normale.

Données de base :

Empattement du tracteur (wheelbase) = 5,62 m

Ecartement du tandem tracteur (spread) = 1,35 m

Position de la sellette d'attelage = 0,25 m

Longueur de la semi-remorque tandem avec relevable = 14,63 m

Empattement de la semi-remorque tandem avec relevable = 11,32 m

Ecartement du tandem de la semi-remorque avec relevable = 2,42 m

Distance de l'avant de la semi-remorque à la tige = 1,00 m

Poids à vide de l'essieu avant du tracteur = 4 550 kg

Poids à vide du tandem du tracteur = 4 500 kg

Poids à vide du tandem de la semi-remorque avec relevable = 7000 kg

Poids à vide à la tige de la semi-remorque = 3 000 kg

Charge à l'essieu relevable = 10 000 kg

Résultats obtenus :

Charge à l'essieu avant du tracteur = 5 155 kg

Charge au tandem du tracteur = 17 500 kg

Charge au tandem de la semi-remorque avec relevable = 17 633 kg

Charge à la tige de la semi-remorque = 13 605 kg

Charge payante (payload) = 31 238 kg

Masse totale en charge = 50 288 kg

Les données de base et les résultats apparaissent à l'écran sous une forme accessible à l'utilisateur (figure 14).

A ce jour, ce logiciel a été distribué à plus de 300 transporteurs au Québec. Au cours des six derniers mois, nous avons constaté une réduction de 2 à 7 % des surcharges des essieux tandems des tracteurs. On ne peut évaluer précisément dans quelle mesure le logiciel a contribué à cette amélioration, mais il est intéressant de noter qu'elle est contemporaine à sa distribution.

Le logiciel et le guide d'analyse de répartition des charges sont disponibles auprès de la Direction du transport routier des marchandises du ministère des Transports du Québec.

5. CONCLUSION

L'industrie du transport routier des marchandises par camions est tributaire du réseau routier. Les caractéristiques actuelles et futures des véhicules lourds et de leurs équipements doivent permettre le transport de charges en assurant la sauvegarde des routes et des structures, tout en maintenant une rentabilité économique de cette industrie.

Pour ce faire, les spécialistes en transports doivent continuer à se préoccuper de l'efficacité et de l'efficience des programmes en place, dont l'objectif commun demeure celui d'offrir un service routier sécuritaire et de qualité à l'ensemble de ses utilisateurs.

6. REFERENCES

[1] P. De Montigny. LA CONSTRUCTION ET LA REMISE EN ETAT DES ROUTES A FAIBLE TRAFIC. Etudes et Recherches en Transport, Technologie et Instrumentation, 1987.

[2] OCDE. Recherche routière, EFFETS DES VEHICULES LOURDS DES MARCHANDISES. OCDE, Paris, 1983.

[3] G. Doré. FACTEURS D'AGRESSIVITE DES VEHICULES LOURDS SUR LES CHAUSSEES. Routes et Transports, vol. XVI - no 4, 1986, p. 7-12.

[4] G. Doré. METHODE D'EVALUATION DE L'EQUIVALENCE DE PASSAGE : REVISION. Rapport interne non publié, Service des sols et chaussées, M.T.Q., 1987.

[5] GUIDE DE GESTION ROUTIERE, Association Québécoise du transport et des routes inc., 1987

[6] ARTC. ETUDE SUR LES POIDS ET DIMENSIONS DES VEHICULES. Rapport du comité de direction technique, Société de recherche sur les transports Canroad, décembre 1986.

[7] C. Peyronne et J. Bonnot. AGRESSIVITE STATIQUE DES VEHICULES LOURDS. Revue générale des routes et des Aérodromes no 563, 1980.

[8] The ASSHO Road Test : Report 5. PAVEMENTS RESEARCH. Highway Research Board Special Report 61E, National Research council publication 954, 1962.

[9] B. Connor. RATIONAL SEASONAL LOAD RESTRICTIONS AND OVERLOAD PERMITS, State of Alaska, Department of transportation and Public Facilities, Research Section, 1980.

[10] FHWA. FINAL REPORT ON THE FEDERAL HIGHWAY COST ALLOCATION STUDY. U.S. Department of Transportation, May 1982.

[11] T.K.F. WONG et M.J. MARKOW. ALLOCATION OF LIFE CYCLE HIGHWAY PAVEMENT COSTS. Massachusetts Institue of Technology, Cambridge, March 1984.

[12] FHWA. THE FEASIBILITY OF A NATION WIDE NETWORK FOR LONGER COMBINATION VEHICLES. US Department of Transportation, June 1985.

[13] J.B. Ranhut; R.L. Lytton et M.I. Darter. DAMAGE FUNCTIONS AND LOAD EQUIVALENCE FACTORS. Pavement Damage functions for cost Allocation, vol. I, FHWA, U.S. Department of Transportation, June, 1984.

[14] TWIN TRAILER TRUCKS. T.R.B. Special Report 211, 1986.

[15] C. Morin. L'AGRESSIVITE DES VEHICULES LOURDS SUR LE RESEAU ROUTIER ET SES IMPACTS. Rapport interne non publié (en voie de révision), Service des sols et chaussées, M.T.Q.

[16] H. G. Desmeules, G. Lavigne et A. Vallières. IMPACT FINANCIER DE LA REGLEMENTATION DES CHARGES SUR L'ENTRETIEN DU RESEAU ROUTIER. Routes et Transports, vol XVI - no 4, 1986, p. 13-17.

EXEMPLE 1

SCENARIO 1

TABLEAU 1 CONDITIONS ACTUELLES (FICTIVES)

TYPES D'ESSIEUX	% PAR RAPPORT A L'ENSEMBLE DES ESSIEUX	MASSES MAXIMALES PERMISES (KG)	15 % TRANSPORTANT LA MASSE MAXIMALE PERMISE			85 % TRANSPORTANT UNE MASSE INFERIEURE A LA MASSE MAXIMALE PERMISE		
			Nbre	LEF	NLEF	Nbre	LEF	NLEF
SIMPLE	32	10 000	347	2,00	694,0	1965	0,7	1375,5
TANDEM	67	20 000	726	3,05	2214,3	4115	0,7	2880,5
TRIDEM	1	30 000	11	3,47	38,2	61	0,7	42,7
TOTAL					2946,5			4298,7

NiLEFi = 7245,2 LEF

SCENARIO 1

TABLEAU 2 CONDITIONS EVENTUELLES

TYPES D'ESSIEUX	% PAR RAPPORT A L'ENSEMBLE DES ESSIEUX	MASSES MAXIMALES PERMISES (KG)	15 % TRANSPORTANT LA MASSE MAXIMALE PERMISE			85 % TRANSPORTANT UNE MASSE INFERIEURE A LA MASSE MAXIMALE PERMISE		
			Nbre	LEF	NLEF	Nbre	LEF	NLEF
SIMPLE	32	11 000	347	2,62	909,1	1965	0,7	1375,5
TANDEM	67	22 000	726	3,91	2838,7	4115	0,7	2880,5
TRIDEM	1	33 000	11	4,39	48,3	61	0,7	42,7
TOTAL					3796,1			4298,7

NiLEFi = 8094,8 LEF

EXEMPLE 1 (SUITE)

SCENARIO 1

TABLEAU 3 CONDITIONS ACTUELLES (FICTIVES)

TYPES D'ESSIEUX	% PAR RAPPORT A L'ENSEMBLE DES ESSIEUX	MASSES MAXIMALES PERMISES (KG)	30 % TRANSPORTANT LA MASSE MAXIMALE PERMISE			70 % TRANSPORTANT UNE MASSE INFERIEURE A LA MASSE MAXIMALE PERMISE		
			Nbre	LEF	NLEF	Nbre	LEF	NLEF
SIMPLE	32	10 000	694	2,00	1388,0	1618	0,7	1132,6
TANDEM	60	20 000	1300	3,05	3965,0	3035	0,7	2124,5
TRIDEM	8	30 000	173	3,47	600,3	405	0,7	283,5
TOTAL					5953,3			3540,6

NiLEFi = 9493,9 LEF

TABLEAU 4 CONDITIONS EVENTUELLES

TYPES D'ESSIEUX	% PAR RAPPORT A L'ENSEMBLE DES ESSIEUX	MASSES MAXIMALES PERMISES (KG)	30 % TRANSPORTANT LA MASSE MAXIMALE PERMISE			70 % TRANSPORTANT UNE MASSE INFERIEURE A LA MASSE MAXIMALE PERMISE		
			Nbre	LEF	NLEF	Nbre	LEF	NLEF
SIMPLE	32	11 000	694	2,62	1818,3	1618	0,7	1132,6
TANDEM	60	22 000	1300	3,91	5083,0	3035	0,7	2124,5
TRIDEM	8	33 000	173	4,39	759,5	405	0,7	283,5
TOTAL					7660,8			3540,6

NiLEFi = 11201,4 LEF

EXEMPLE 2

SCENARIO 1

TABLEAU 5 CONDITIONS ACTUELLES (FICTIVES)

TYPES D'ESSIEUX	% PAR RAPPORT A L'ENSEMBLE DES ESSIEUX	MASSES MAXIMALES PERMISES (KG)	15 % TRANSPORTANT LA MASSE MAXIMALE PERMISE			85 % TRANSPORTANT UNE MASSE INFERIEURE A LA MASSE MAXIMALE PERMISE		
			Nbre	LEF	NLEF	Nbre	LEF	NLEF
SIMPLE	32	10 000	347	2,00	694,0	1965	0,7	1375,5
TANDEM	67	20 000	726	3,05	2214,3	4115	0,7	2880,5
TRIDEM	1	30 000	11	3,47	38,2	61	0,7	42,7
TOTAL					2946,5			4298,7

NiLEFi = 7245,2 LEF

TABLEAU 6 CONDITIONS EVENTUELLES

TYPES D'ESSIEUX	% PAR RAPPORT A L'ENSEMBLE DES ESSIEUX	MASSES MAXIMALES PERMISES (KG)	15 % TRANSPORTANT LA MASSE MAXIMALE PERMISE			85 % TRANSPORTANT UNE MASSE INFERIEURE A LA MASSE MAXIMALE PERMISE		
			Nbre	LEF	NLEF	Nbre	LEF	NLEF
SIMPLE	32	12 500	347	3,75	1301,3	1965	0,7	1375,5
TANDEM	67	25 000	726	5,45	3956,7	4115	0,7	2880,5
TRIDEM	1	37 500	11	6,02	66,2	61	0,7	42,7
TOTAL					5324,2			4298,7

NiLEFi = 9622,9 LEF

EXEMPLE 2

SCENARIO 2

TABLEAU 7 CONDITIONS ACTUELLES (FICTIVES)

TYPES D'ESSIEUX	% PAR RAPPORT A L'ENSEMBLE DES ESSIEUX	MASSES MAXIMALES PERMISES (KG)	30 % TRANSPORTANT LA MASSE MAXIMALE PERMISE			70 % TRANSPORTANT UNE MASSE INFERIEURE A LA MASSE MAXIMALE PERMISE		
			Nbre	LEF	NLEF	Nbre	LEF	NLEF
SIMPLE	32	10 000	694	2,00	1388,0	1618	0,7	1132,6
TANDEM	60	20 000	1300	3,05	3965,0	3035	0,7	2124,5
TRIDEM	8	30 000	173	3,47	600,3	405	0,7	283,5
TOTAL					5953,3			3540,6

NiLEFi = 9493,9 LEF

TABLEAU 8 CONDITIONS EVENTUELLES

TYPES D'ESSIEUX	% PAR RAPPORT A L'ENSEMBLE DES ESSIEUX	MASSES MAXIMALES PERMISES (KG)	30 % TRANSPORTANT LA MASSE MAXIMALE PERMISE			70 % TRANSPORTANT UNE MASSE INFERIEURE A LA MASSE MAXIMALE PERMISE		
			Nbre	LEF	NLEF	Nbre	LEF	NLEF
SIMPLE	32	12 500	694	3,75	2602,5	1618	0,7	1132,6
TANDEM	60	25 000	1300	5,45	7085,0	3035	0,7	2124,5
TRIDEM	8	37 500	173	6,02	1041,5	405	0,7	283,5
TOTAL					10729,0			3540,6

NiLEFi = 14269,6 LEF

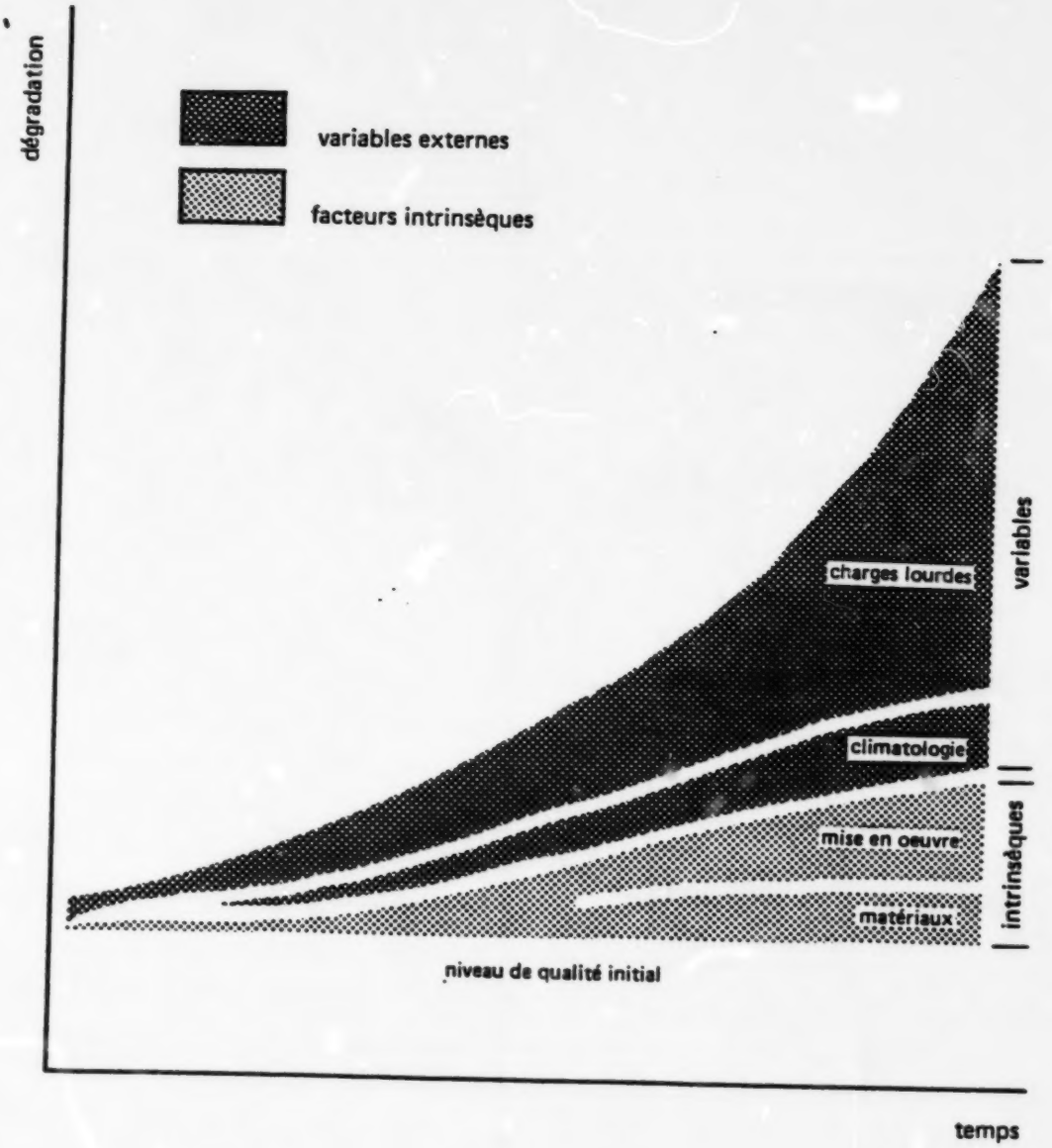


Figure 1. Facteurs de dégradation des chaussées. Tiré de H. Desmeules et al. [16]

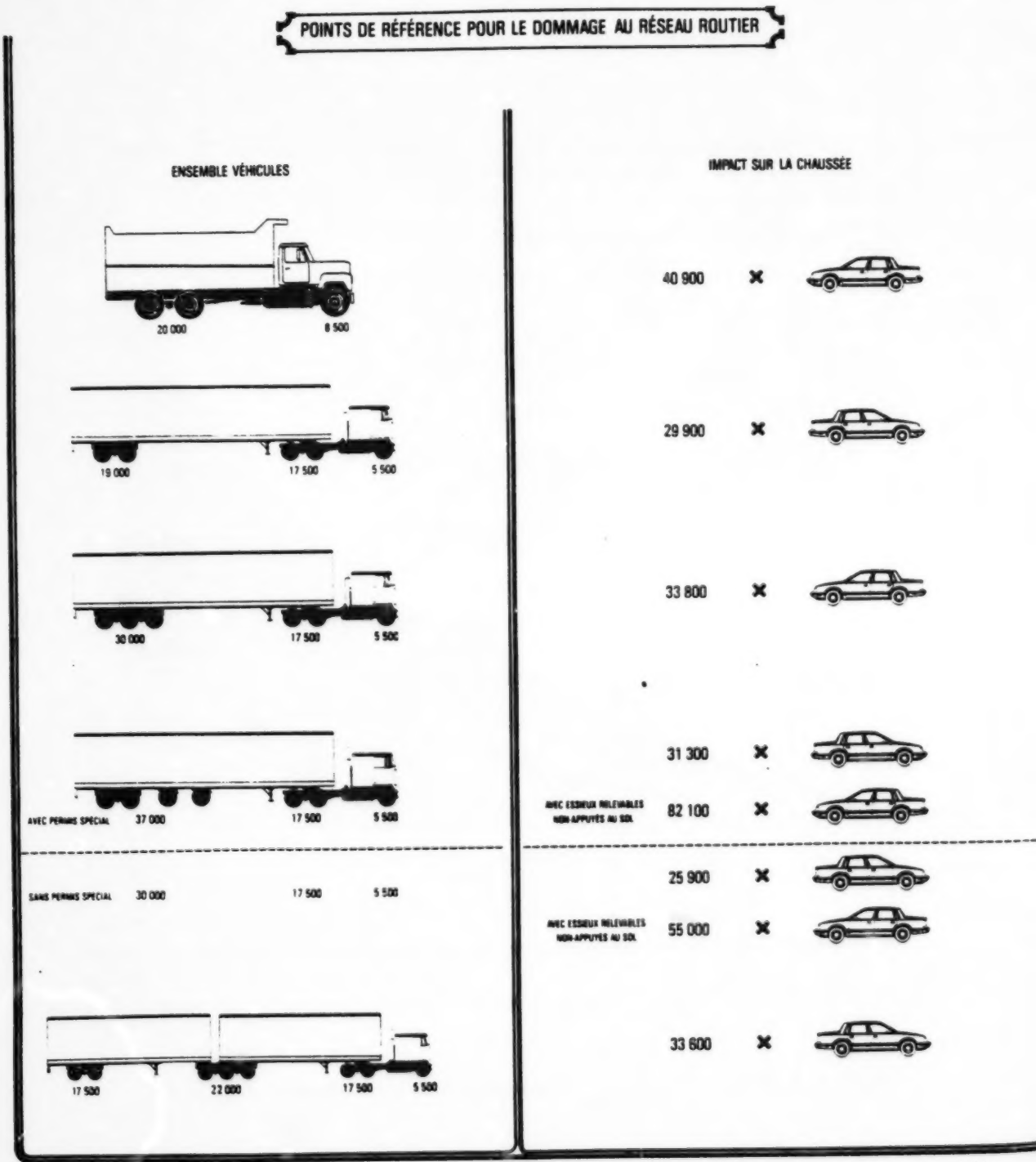


Figure 2. Comparaison des dommages causés par les véhicules lourds et les automobiles.

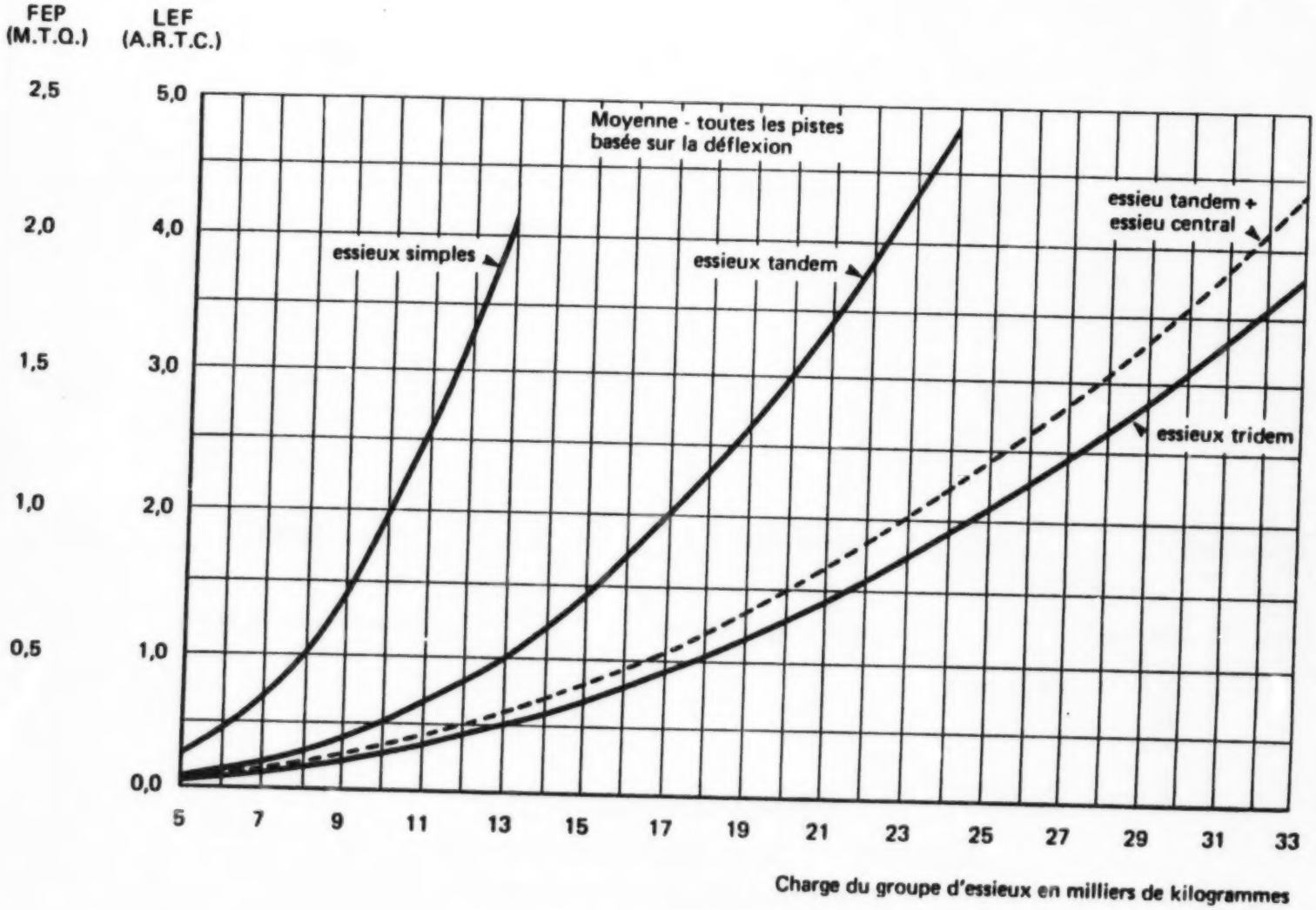
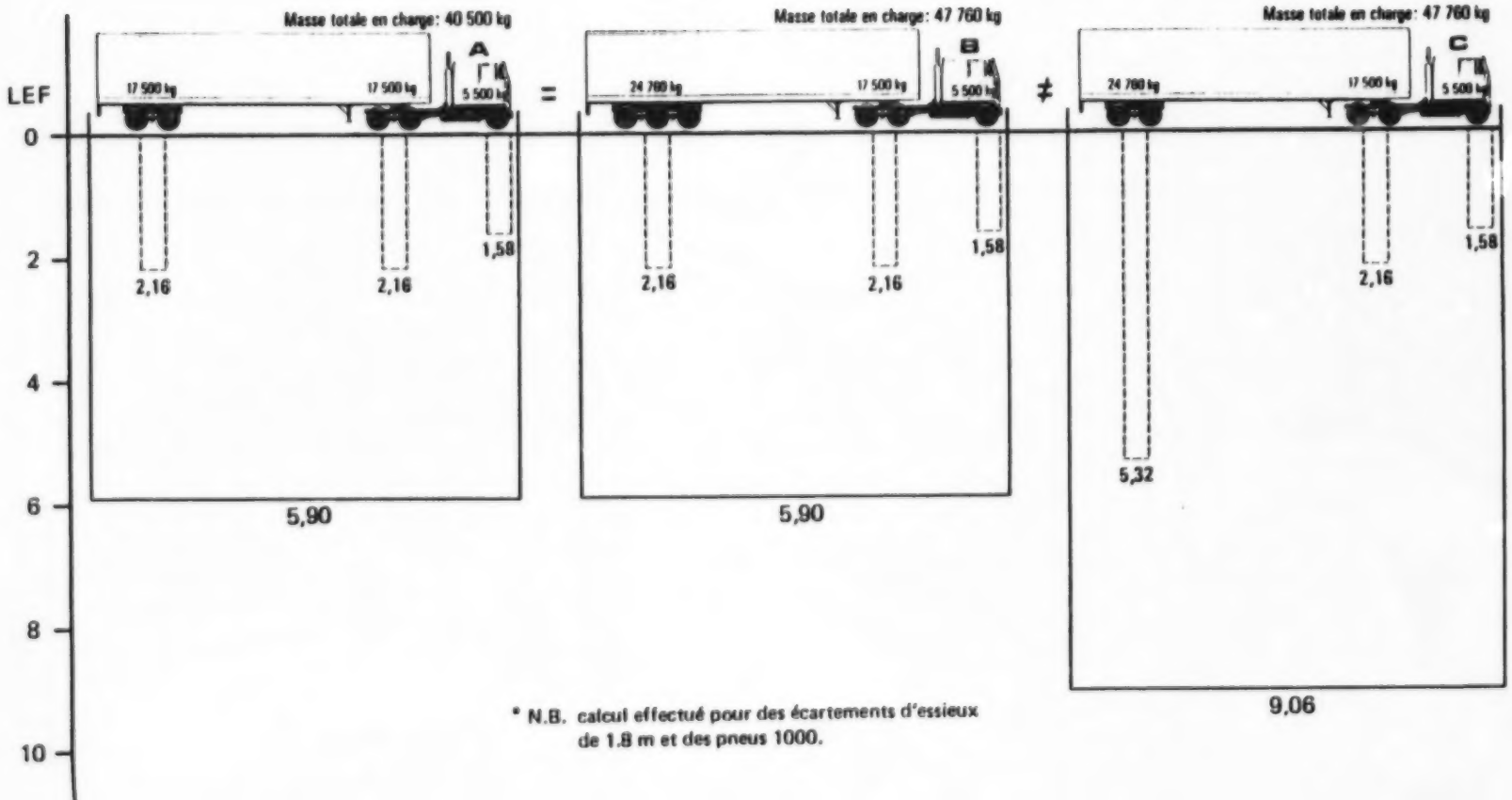


Figure 3. Conclusion générale de l'étude de l'A.R.T.C. sur l'agressivité des véhicules lourds.

EXEMPLE DE L'APPLICATION DU LEF

Évaluation des configurations les moins dommageables pour la chaussée versus leur productivité



* N.B. calcul effectué pour des écartements d'essieux de 1.8 m et des pneus 1000.

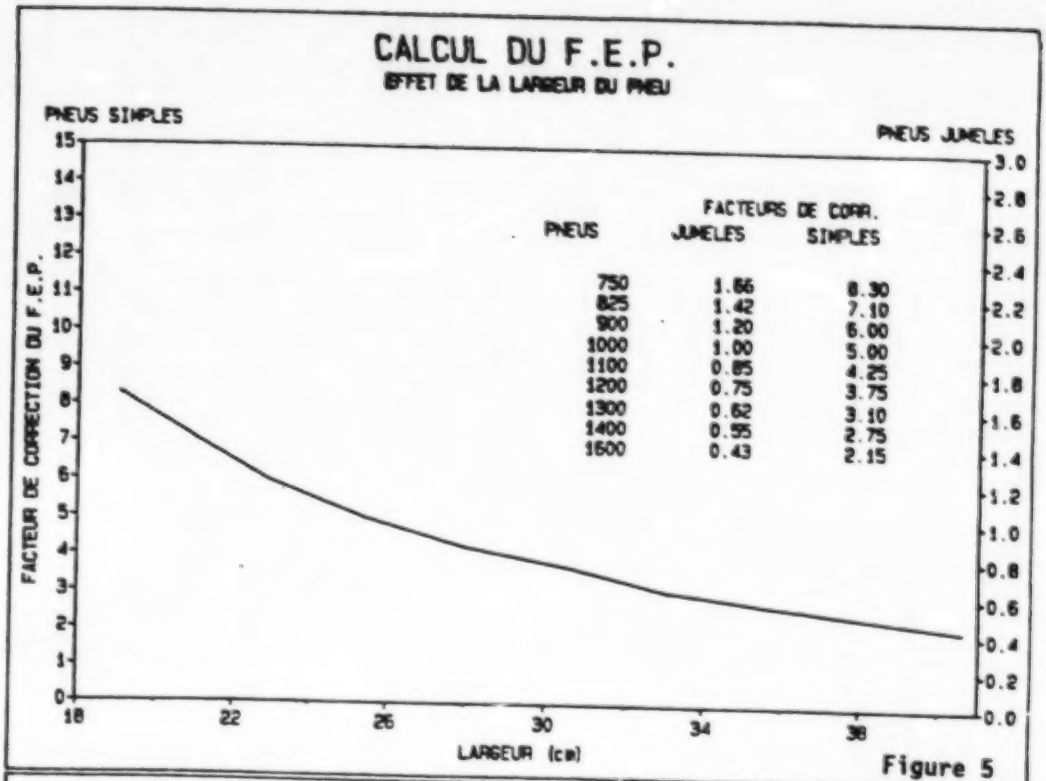


Figure 5

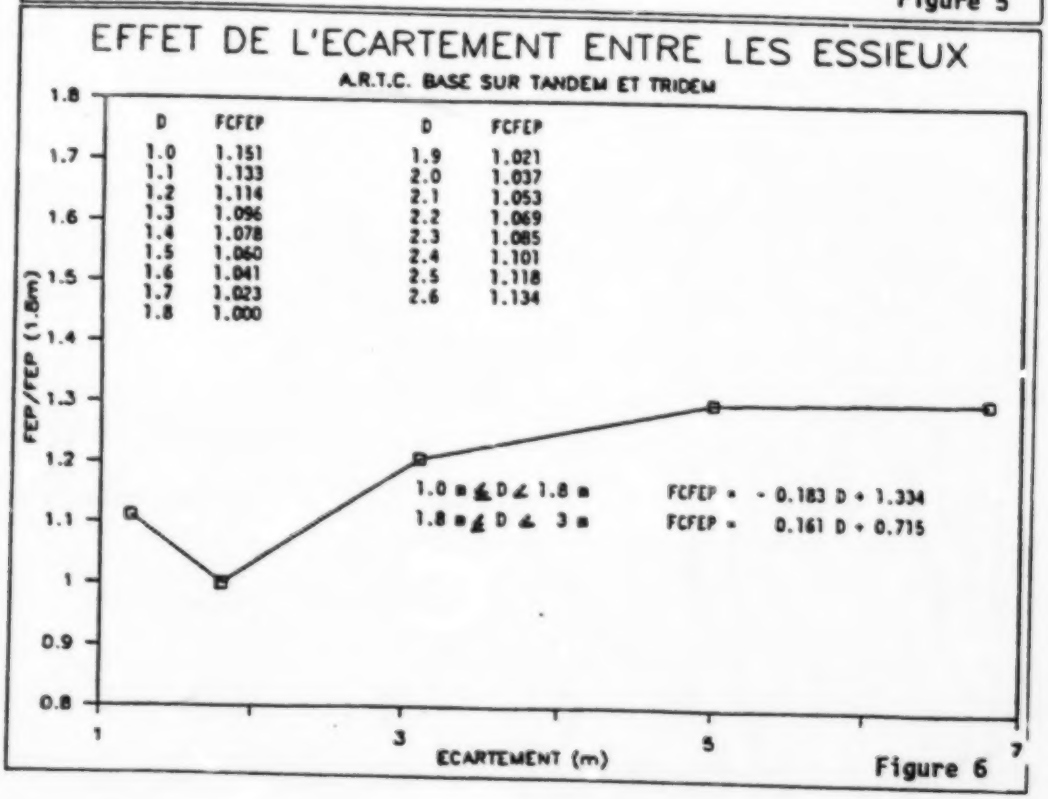


Figure 6

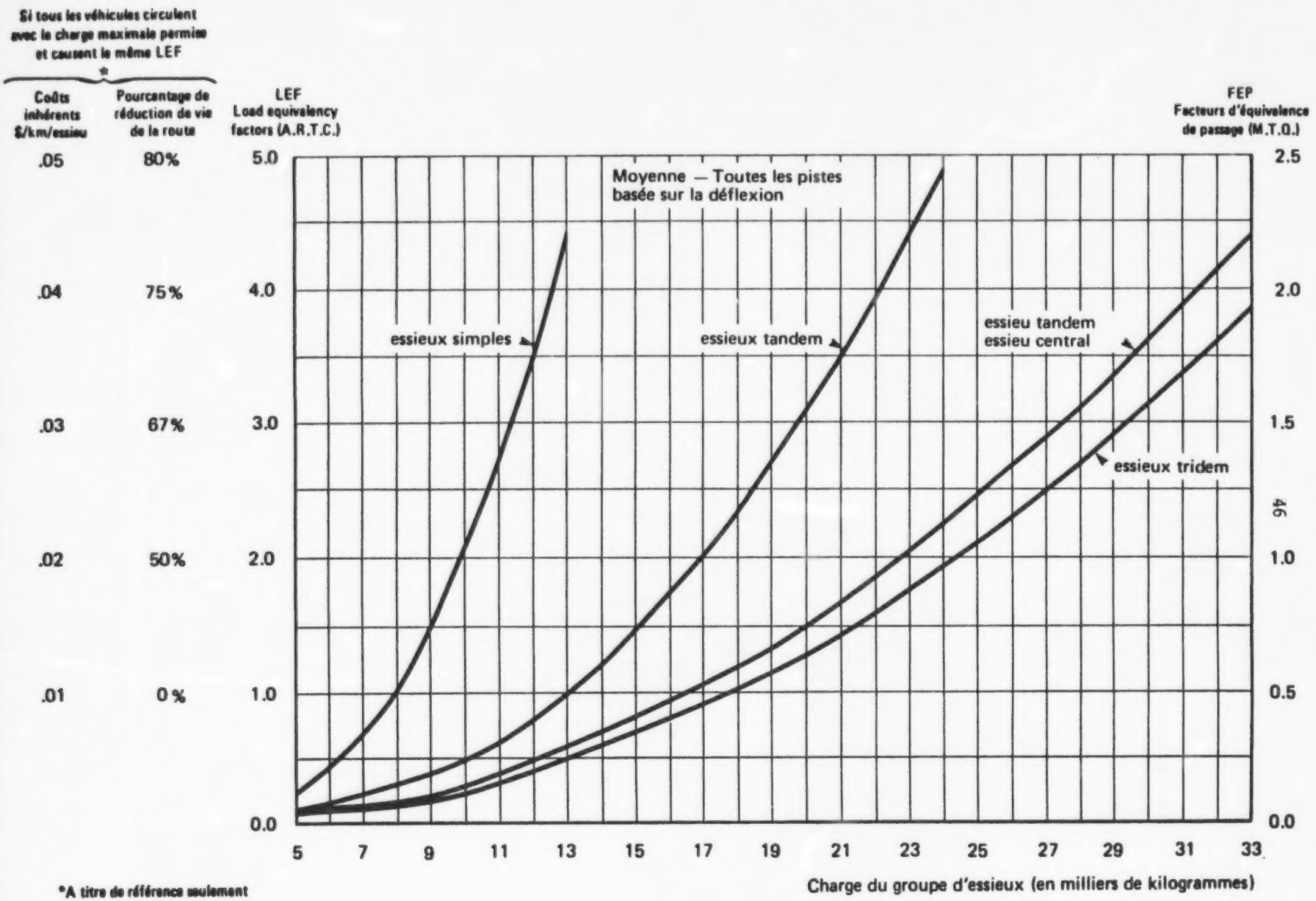
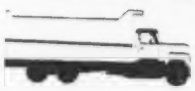


Figure 7. Conceptualisation des intéractions LEF—FEP— % de réduction de vie—coûts inhérents.

TABLEAU DES MASSES PERMISES POUR QUELQUES PROVINCES ET ÉTATS AINSI QUE POUR LE PROJET DE L'ARTC

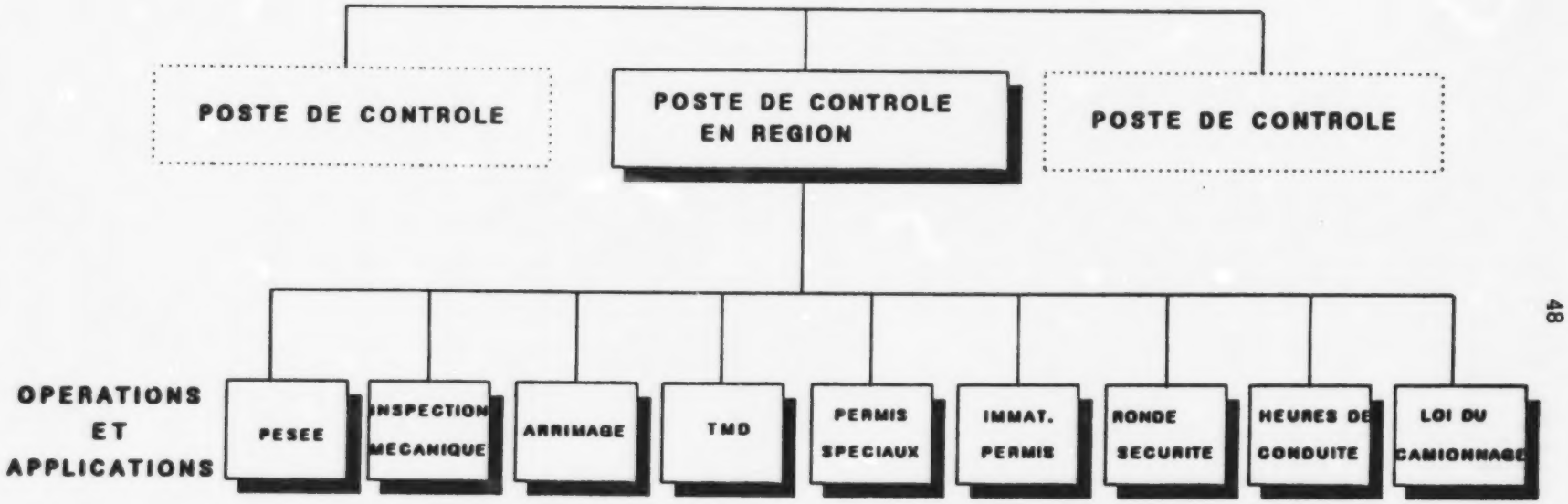
PROVINCES OU ÉTATS	MAN	ONT	QUÉ	N-B	Maine	Vermont	New-York	New-Hampshire	ARTC
CHARGES AXIALES									
▶ ESSIEU SIMPLE	9 100	10 000	10 000	9 000	10 200	9 100	9 100	10 200	9 100
▶ ESSIEU TANDEM	16 000	19 100	20 000	18 000	17 200	15 500	15 500	16 300	17 000
▶ ESSIEU TRIDEM	16 000	28 600	30 000	27 000	21 800	21 800	21 800	21 800	24 000
▶ QUATRE ESSIEUX	✕	38 000	•37 000	27 000	✕	✕	✕	✕	✕
MASSE TOTALE EN CHARGE									
	14 600	18 000	18 500	13 500	15 400	15 600	20 300	15 200	— —
	21 500	28 100	28 500	21 500	24 500	25 000	22 000	25 000	— —
	37 500	47 200	47 500	39 500	36 300	36 300	36 300	36 300	39 500
	37 500	56 000	57 500	48 500	•40 800	36 300	36 300	36 300	48 500
	✕	63 500	•60 000	48 500	✕	✕	✕	✕	✕
	48 800	56 300	57 500	•	36 300	36 300	36 300	36 300	48 800
	56 500	63 500	57 500	•	✕	✕	✕	✕	53 500
	53 500	63 300	•60 100	56 500	✕	✕	✕	✕	58 500
	53 500	63 500	•61 500	•	✕	✕	✕	✕	62 500
MASSE MAXIMALE	56 500	63 500	•61 500	56 500	•40 800	36 300	36 300	36 300	62 500

• AVEC PERMIS SPÉCIAL
✕ NON AUTORISÉ
✕ NON UTILE considérant la limite maximale de 36 300 kg (80 000 livres)
— — NON SPÉCIFIÉ

UNITÉ: KG

Figure 8

L'ENSEMBLE DES OPERATIONS D'UN POSTE DE CONTROLE



L'APPLICATION DU REGLEMENT SUR LES CHARGES ET DIMENSIONS
EST LA RESPONSABILITE PRINCIPALE DES POSTES DE CONTROLE .

Figure 9

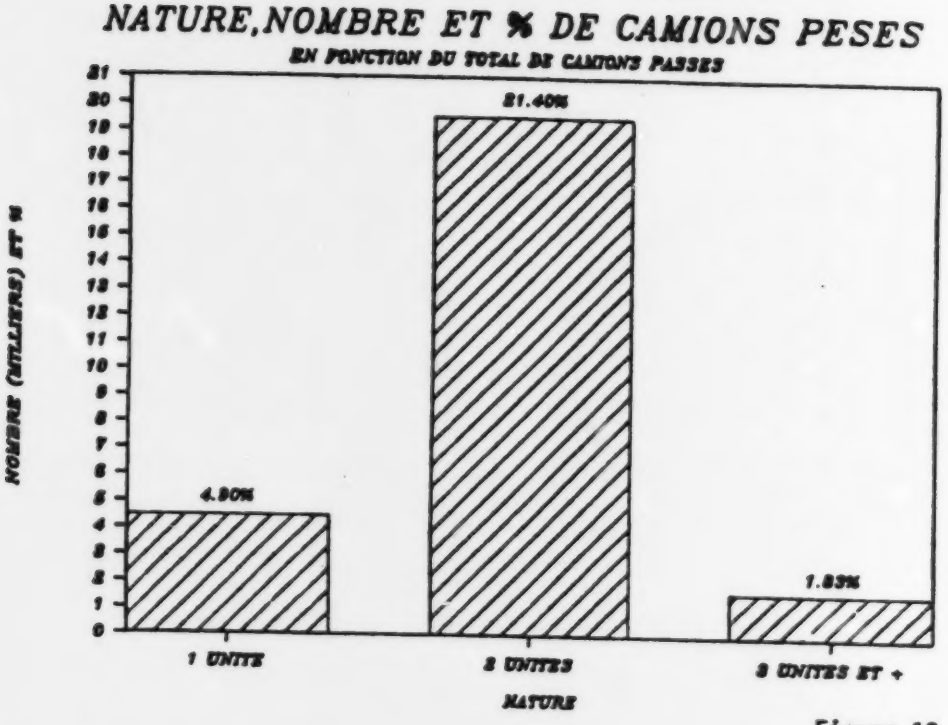


Figure 10

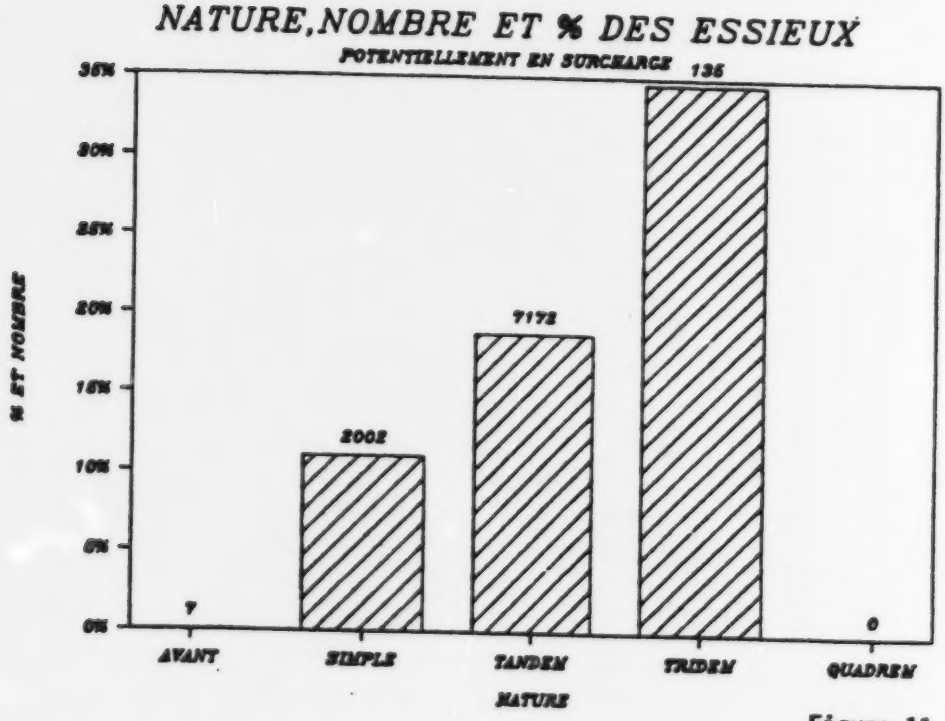


Figure 11

NATURE,NOMBRE ET % DES ESSIEUX

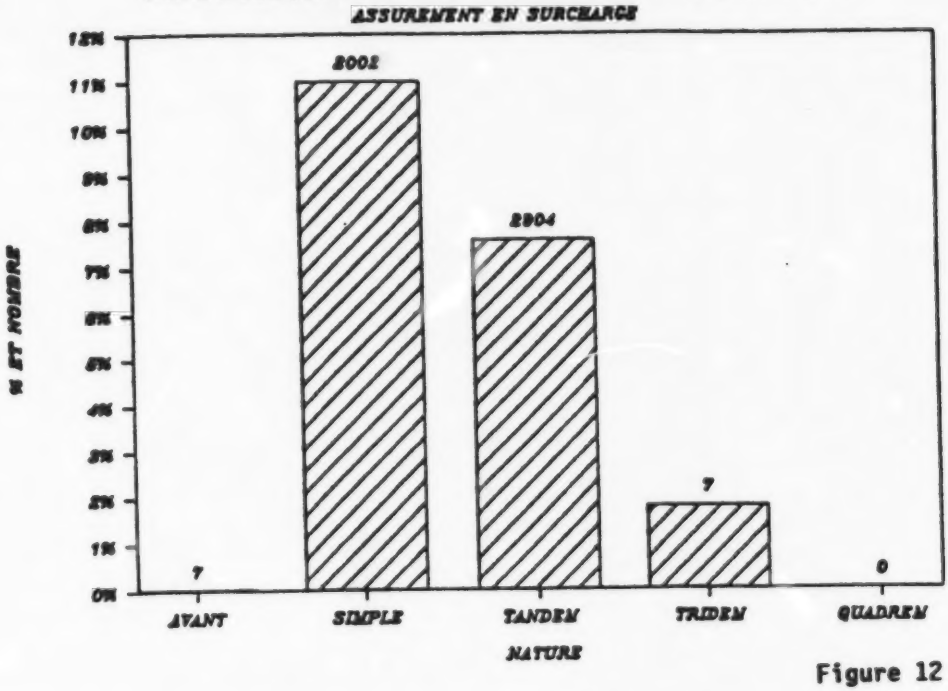


Figure 12

FLUX DE CIRCULATION DES CAMIONS

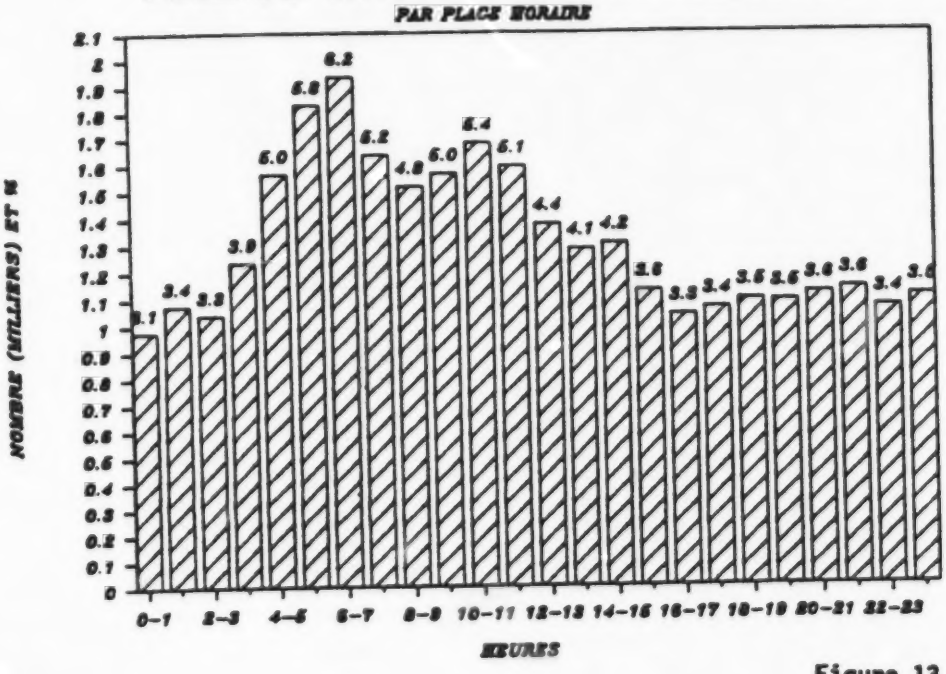


Figure 13

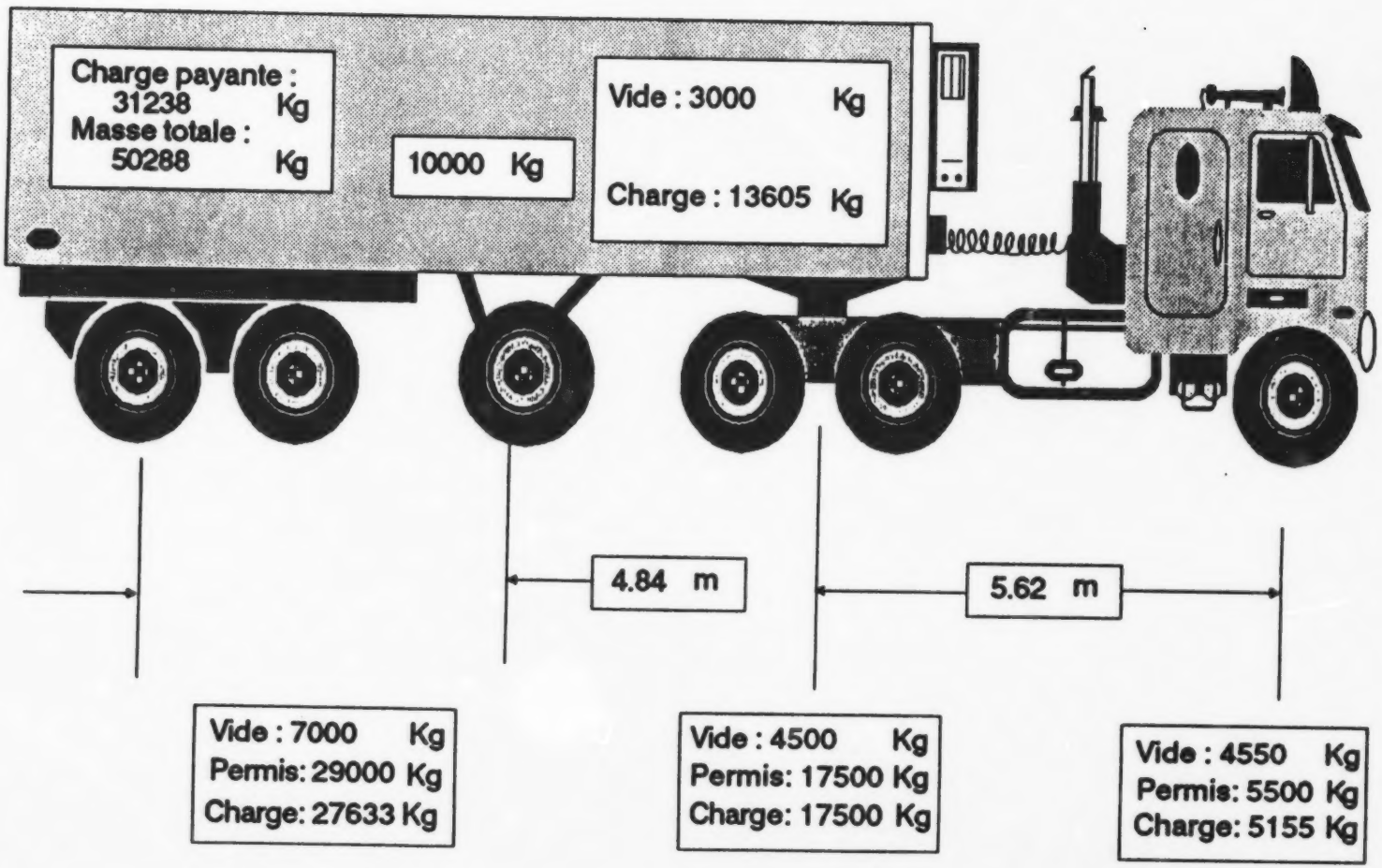


Figure 14.Affichage à l'écran des données du logiciel d'analyse de répartitions des charges

Gouvernement du Québec
Ministère
des Transports